



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## ŘÍDICÍ SYSTÉM FANUC A JEHO VYUŽITÍ V MALÉ STROJÍRENSKÉ FIRMĚ.

CONTROL SYSTEM FANUC AND ITS USE IN A SMALL ENGINEERING COMPANY CONDITIONS.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MAREK WIENER

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2009

**ABSTRAKT**

Bakalářská práce zpracovává základní charakteristiku řídicího systému FANUC a následně jeho využití v malé strojírenské firmě. Je rozdělena do dvou hlavních částí. První část je věnována základním pojmům z oblasti CNC programování a zejména pojmům řídicího systému FANUC. V druhé části je tento systém popisován přímo v praxi v malé strojírenské firmě, kde je rozebrán postup výroby jednoduché a složitější součásti.

**Klíčová slova**

FANUC, General Electric, řídicí systémy, CNC, programování, obrábění, korekce, G funkce.

**ABSTRACT**

This thesis is going through basic problematics of control system FANUC and its usage in small machine industry. It is divided into two main parts. First is dedicated to basic CNC programming concept and especially to FANUC control system concept. In the other part is description of this system used in small machinery industry. It contains a procedure of creation for simple and complex component.

**Key words**

FANUC, General Electric, Control Systems, CNC, programming, machining, correction, G function.

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

WIENER, Marek. *Název: Řídicí systém Fanuc a jeho využití v malé strojírenské firmě*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 34 s., 8 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Řídicí systém Fanuc a jeho využití v malé strojírenské firmě“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 25.5.2009

.....  
Marek Wiener

## Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Milanu Kalivodovi za metodické vedení, ochotnou spolupráci a cenné rady, které mi při tvorbě této práce poskytl.

## OBSAH

|   |    |
|---|----|
| Abstrakt .....  | 4  |
| Prohlášení .....  | 5  |
| Poděkování .....  | 6  |
| Obsah .....   | 7  |
| Úvod .....  | 9  |
| 1. VÝVOJ ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ A PŘEDSTAVENÍ FIRMY FANUC GE CNC EUROPE S.A. .... | 10 |
| 1.1. Historie a vývoj řídicích systémů .....                                | 10 |
| 1.2. Přestavení výrobní firmy řídicího systému FANUC .....                  | 10 |
| 2. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA ŘÍDICÍHO SYSTÉMU FANUC .....                    | 11 |
| 2.1. Obsluha systému .....  | 11 |
| 2.2. Obrazovka programu a popis samostatné jednotky MDI .....               | 11 |
| 2.2.1. Nastavení a zobrazení dat .....                                      | 11 |
| 2.2.2. Display a jeho jednotlivé položky .....                              | 11 |
| 2.2.3. Popis klávesnice .....   | 11 |
| 2.3. Vstupní a výstupní zařízení .....                                      | 12 |
| 2.4. Napájení řídicího systému .....  | 12 |
| 2.5. Základní rozdíl mezi automatickým a ručním režimem .....               | 12 |
| 2.6. Základní funkce .....  | 12 |
| 2.6.1. Funkce G .....   | 13 |
| 2.6.2. Pomocné funkce M .....   | 14 |
| 2.7. Princip programování .....   | 14 |
| 2.7.1. Charakteristika souřadného systému .....                             | 14 |
| 2.7.2. Referenční poloha .....  | 15 |
| 2.7.3. Řízení os .....  | 15 |
| 2.7.4. Posuvy .....   | 16 |
| 2.7.5. Volba a pohyb nástroje .....   | 16 |
| 2.7.6. Pohyb nástroje .....   | 16 |
| 2.7.7. Korekce .....  | 17 |
| 2.8. Rozdělení programů a způsoby programování .....                        | 18 |
| 2.8.1. Hlavní program a podprogram .....                                    | 18 |
| 2.8.2. Makroprogram .....   | 18 |
| 2.8.3. Struktura programu .....   | 18 |
| 2.8.4. Struktura podprogramu .....  | 18 |
| 2.8.5. Způsoby programování .....   | 19 |
| 2.9. Sestavování úpravy a manipulace programů .....                         | 19 |
| 2.9.1. Hlavní způsoby tvoření programů .....                                | 19 |
| 2.9.2. Kopírování programu a podprogramu .....                              | 19 |
| 2.9.3. Simulace a testování programu, podprogramu .....                     | 19 |
| 2.9.4. Načítání, zápis a mazání souborů .....                               | 20 |
| 3. UŽIVATELSKÉ PRVKY ZAJIŠŤUJÍCÍ BEZPEČNOST SYSTÉMU .....                   | 21 |
| 3.1. Chybové hlášení .....  | 21 |
| 3.2. Autodiagnostika .....  | 21 |
| 3.3. Kontrola zdvihu .....  | 21 |
| 3.4. Nouzové zastavení .....  | 21 |
| 3.5. Údržba .....   | 22 |
| 3.6. Odlišnosti od jiných řídicích systémů .....                            | 22 |

|   |    |
|---|----|
| 4. VYUŽITÍ ŘÍDICÍHO SYSTÉMU FANUC V MALÉ STROJÍRENSKÉ FIRMĚ.....  | 25 |
| 4.1. Přestavení malosériové výroby s řídicím systémem FANUC ..... | 25 |
| 4.1.1. Představení malosériové výroby Solid Brno s.r.o. ....      | 25 |
| 4.1.2. Slovo představitele firmy, vedoucího výroby .....          | 25 |
| 4.2. Postup při výrobě jednoduché součásti .....                  | 26 |
| 4.2.1. Volba vhodné jednoduché součásti, návrh výkresu .....      | 26 |
| 4.2.2. Postup při tvorbě NC programu .....                        | 26 |
| 4.2.3. Zhotovení součásti .....                                   | 27 |
| 4.3. Postup při výrobě složitější součásti .....                  | 28 |
| 4.3.1. Volba vhodné složitější součásti, návrh výkresu .....      | 28 |
| 4.3.2. Postup při tvorbě NC programu .....                        | 28 |
| 4.3.3. Zhotovení součásti .....                                   | 29 |
| Závěr .....   | 31 |
| Seznam použitých zdrojů .....                                     | 32 |
| Seznam použitých zkratk a symbolů .....                           | 33 |
| Seznam příloh .....   | 34 |

## ÚVOD

Strojní obrábění je proces, při kterém dochází ke změně výchozího polotovaru až k finálnímu tvaru. Obrábění prošlo řadou let velkou proměnou. Lidé zabývající se obráběním vyvíjejí a zdokonalují i teď již známé a fungující technologie.

Ať už se provádějí frézovací, soustružnické a jiné operace, vždy je zapotřebí velmi přesného obrábění. Samostatné obráběcí stroje jsou schopné dosahovat těchto vlastností, ale ve srovnání se strojem s řídicím systémem jsou tyto vlastnosti celkem odlišné.

Na současném trhu existuje řada řídicích systémů a to je jeden z důvodů, proč je vývoj v této oblasti rychlý. Řídicí systémy mají za úkol úplnou automatizaci výrobního stroje, jsou instalovány jako kompletní CNC systémy včetně vstupních a výstupních modulů, strojních panelů a dalších. Díky tomu mohou zajišťovat dokonalé ovládání obráběcího stroje při výrobě, ale hlavně získat lepší produktivitu a efektivnost celého výrobního závodu, případně odstranit nepřesnosti, které mohou vznikat například vícenásobným upnutím.

Mezi špičku řídicích systémů se řadí například firma FANUC, která se pohybuje v oblasti obrábění už řadu let.



Obr. 1 Řídicí systémy FANUC<sup>6</sup>

## 1 VÝVOJ ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ A PŘEDSTAVENÍ FIRMY FANUC GE CNC EUROPE S. A.

V dnešní době řídicí systémy mohou dosahovat větších a větších možností, než by se očekávalo. Rok od roku dochází ke zvyšování požadavků výrobců i konečných zákazníků. Právě proto je i rychlost vývoje řídicích systémů po celém světě na vysoké úrovni.

### 1.1 Historie a vývoj řídicích systémů FANUC

Historie firmy FANUC je zaznamenána v roce 1986, jako společný podnik firem General Electric Co. (GE), USA, a FANUC Ltd, Japonsko. Už před tímto sloučením měl tedy FANUC víceletou praxi v oblasti automatizace výroby a je vedoucí společností na světovém trhu technologie CNC<sup>1</sup>. Během této doby společnost dokázala vyvinout několik verzí tohoto řídicího systému a zařadila se tak mezi špičku systémů s vysokou rychlostí, obrovskou přesností a s řízením přesnosti pro široký rozsah velmi náročných obráběcích strojů.



Obr. 1.1 Logo firmy Fanuc GE CNC Europe S. A.<sup>2</sup>

### 1.2 Představení výrobní firmy řídicího systému FANUC

Společnost FANUC vyvíjí a vyrábí nejmodernější automatizační produkty a řešení. Tyto produkty<sup>1</sup> zahrnují levné i vysoce výkonné CNC systémy s vysokorychlostními funkcemi, digitálně řízenými servomotory a vřetenovými motory a operátorská rozhraní disponující snadnou obsluhou.

Systémy umožňují rychlé a jednoduché programování soustružení, frézování a složeného obrábění. Nejnovější verze obsahují správu programů podle názvů adresářů a souborů. Také lze přímo editovat programy na vložené počítačové paměťové karty. Umožňuje případně nastavit zvláštní kontroly, např. kontroly nástrojových korekcí nebo funkci, která žádá potvrzení před vymazáním dat.<sup>154</sup>



## 2 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA ŘÍDICÍHO SYSTÉMU FANUC

K vypracování této části byl použit materiál Návod na obsluhu řídicích systémů CNC od firmy GE Fanuc Automation Europe<sup>3</sup>.

### 2.1 Obsluha systému

Níže uvedený postup je základním postupem pro ovládání různých verzí systému FANUC. U jednotlivých verzí se může lišit např. umístění tlačítek, proto je tato základní charakteristika obecná.

Systém je ovládán pomocí nastavovací a zobrazovací jednotky, která je připojena k systému. Vše je umístěno na jednom panelu.

### 2.2 Obrazovka programu a popis samostatné jednotky MDI

#### 2.2.1 Nastavení a zobrazení dat

Data se ukládají do vnitřní paměti CNC systému. Operátor tyto data může měnit pomocí ovládacích zařízení na displeji a klávesnici.

#### 2.2.2 Displej a jeho jednotlivé položky



Obr. 2.1 Nastavovací a zobrazovací jednotka u verze s označením 18i<sup>4</sup>

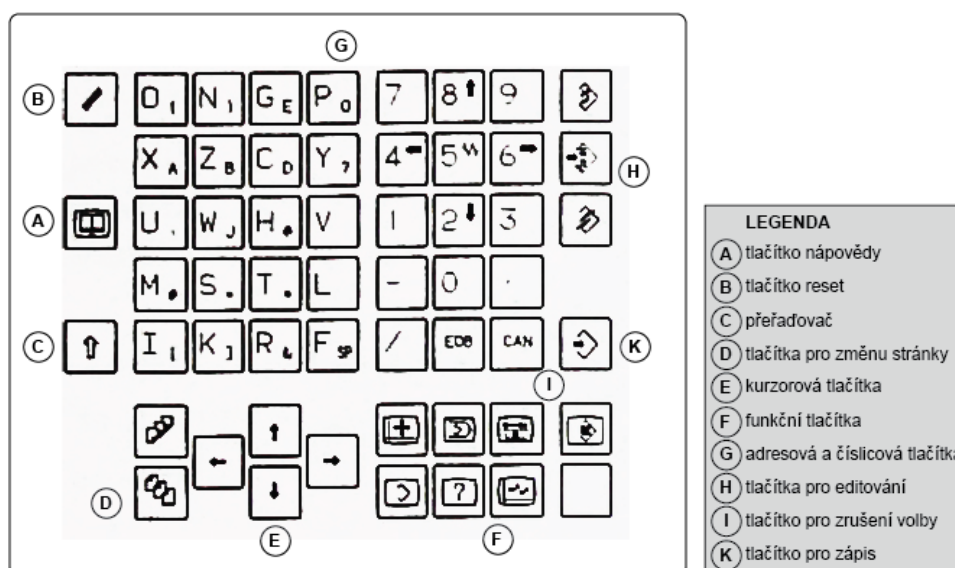
Zobrazovací jednotka nám ukazuje různé části systému a jejich nastavení.

K dispozici je např. obrazovka polohy, programu, korekce a nastavení či obrazovka systémová, hlášení, nápovědy a grafiky.

Změna různých částí se provádí pomocí softwarových tlačítek na LCD displeji. V závislosti na dané konfiguraci se nemusí různé softwarové tlačítka zobrazovat stejně, případně mohou změnit polohu uspořádání.

#### 2.2.3 Popis klávesnice

Ovládací část obsahuje klávesnici, která se používá např. při aktuální operaci. Význam jednotlivých tlačítek je uveden na obrázku 2.2.

Obr. 2.2 Ovládací část se softwarovými tlačítky<sup>3</sup>

## 2.3 Vstupní a výstupní zařízení

K dispozici je externí vstupní a výstupní zařízení Handy File, které funguje jako více funkční disketové zařízení se snadnou obsluhou. Handy File lze ovládat buď přímo nebo z dálkové jednotky, ke které je připojeno. Zařízení podporuje i diskety 3,5".

## 2.4 Napájení řídicího systému

Při jakékoliv manipulaci s napájením je vždy třeba zkontrolovat, zda se zobrazila obrazovka polohy. V opačném případě může jít o závadu na hardwaru nebo je chyba v instalaci. Napájení řídicího systému je kompletně popsáno v kapitole 3.5.

## 2.5 Základní rozdíl mezi automatickým a ručním režimem

Automatický režim je průběh, který probíhá pomocí vytvořeného programu a je předem načten do paměti. Pomocí tlačítka zastavení posuvu se automatický režim dočasně zastaví. Následným spuštěním tlačítka dojde k obnovení.

V ručním režimu se systém ovládá zcela manuálně. Např. ruční nájezd do referenční polohy, ruční posuvy na otáčku nebo posuv ručním kolečkem a další. Pomocí tlačítek dochází k nastavení daného úkonu a po úplném manuálním nastavení dojde k provedení požadovaného úkonu.

## 2.6 Základní funkce

U každého programu jsou obecně základní části funkce a ty se v programování rozlišují na G a M. Funkce je tvořena adresovým a číselným

označením. Tyto základní prvky tvoří hlavní část programovacího jazyka, který ovládá obráběcí stroje.

### 2.6.1 Funkce G

G funkce byly vyvinuty skupinou EIA<sup>5</sup> počátkem šedesátých let, ale ke konečné verzi došlo až v roce 1980. V příloze č.1 je uvedena tabulka se standardizovanou verzí funkcí G, která se dnes používá pouze na několika málo strojích. U mnoha firem, které vyvíjejí řídicí systémy, došlo postupně k vychýlení od standardu.

Proto mohou různé obráběcí stroje pomocí stejné funkce vykonávat různé operace. Je potřeba, aby byl operátor na pracovišti dostatečně proškolen a seznámen s daným obráběcím strojem i s řídicím systémem. U systému FANUC se G funkce mohou různě lišit. Zde to hlavně záleží na provedení obráběcího stroje. Proto může nastat případ, kdy nepůjde nějaká funkce vůbec použít.

Tab.2.1 Přehled nejčastěji používaných funkcí G u řídicího systému FANUC

|              |  |            |   |
|--------------|--|------------|---|
| <b>G00</b>   | Nájezd do polohy                             | <b>G54</b> | Volba souřadného systému obrobku            |
| <b>G01</b>   | Lineární interpolace                         | <b>G55</b> | Volba souřadného systému obrobku            |
| <b>G02</b>   | Kruhová interpolace ve směru hod. ručiček    | <b>G56</b> | Volba souřadného systému obrobku            |
| <b>G03</b>   | Kruhová interpolace proti směru hod. ručiček | <b>G57</b> | Volba souřadného systému obrobku            |
| <b>G04</b>   | Časová prodleva                              | <b>G58</b> | Volba souřadného systému obrobku            |
| <b>G07</b>   | Interpolace na válci                         | <b>G59</b> | Volba souřadného systému obrobku            |
| <b>G10</b>   | Programová změna hodnoty korekce             | <b>G65</b> | Uživatelské makro                           |
| <b>G12</b>   | Režim interpolace v polárních souřadnicích   | <b>G66</b> | Uživatelské makro                           |
| <b>G13</b>   | Zrušení režimu interpolace v polárních souř. | <b>G67</b> | Uživatelské makro                           |
| <b>G17</b>   | Volba roviny XpYp                            | <b>G68</b> | Zrca. obraz pro dvojitou revolverovou hlavu |
| <b>G18</b>   | Volba roviny ZpXp                            | <b>G69</b> | Zrušení zrcadlového obrazu                  |
| <b>G19</b>   | Volba roviny YpZp                            | <b>G70</b> | Pevný cyklus                                |
| <b>G20</b>   | Palcový vstup                                | <b>G72</b> | Pevný cyklus                                |
| <b>G21</b>   | Metrický vstup                               | <b>G73</b> | Pevný cyklus                                |
| <b>G22</b>   | Kontrola zdvihu                              | <b>G74</b> | Pevný cyklus                                |
| <b>G23</b>   | Kontrola zdvihu                              | <b>G75</b> | Pevný cyklus                                |
| <b>G25</b>   | Kolísání otáček vřetena                      | <b>G76</b> | Pevný cyklus                                |
| <b>G26</b>   | Kolísání otáček vřetena                      | <b>G80</b> | Pevný cyklus pro vrtání                     |
| <b>G27</b>   | Kontrola nájezdu do referenční polohy        | <b>G81</b> | Pevný cyklus pro vrtání                     |
| <b>G28</b>   | Nájezd do referenční polohy                  | <b>G82</b> | Pevný cyklus pro vrtání                     |
| <b>G30</b>   | Druhý do referenční polohy                   | <b>G83</b> | Pevný cyklus pro vrtání                     |
| <b>G31</b>   | Funkce přeskočení                            | <b>G84</b> | Pevný cyklus pro vrtání                     |
| <b>G32</b>   | Řezání závitu s pevným stoupáním             | <b>G85</b> | Pevný cyklus pro vrtání                     |
| <b>G34</b>   | Řezání závitu s proměnným stoupáním          | <b>G86</b> | Pevný cyklus pro vrtání                     |
| <b>G36</b>   | Automatické korekce nástroje                 | <b>G87</b> | Pevný cyklus pro vrtání                     |
| <b>G37</b>   | Automatické korekce nástroje                 | <b>G88</b> | Pevný cyklus pro vrtání                     |
| <b>G40</b>   | Zrušení korekce řezného nástroje             | <b>G89</b> | Pevný cyklus pro vrtání                     |
| <b>G41</b>   | Korekce řezného nástroje vlevo               | <b>G90</b> | Absolutní programování                      |
| <b>G42</b>   | Korekce řezného nástroje vpravo              | <b>G91</b> | Inkrementální programování                  |
| <b>G50</b>   | Nastavení souřadného systému (ot. vřetena)   | <b>G92</b> | Pevný cyklus                                |
| <b>G50.2</b> | Polygonální soustružení (G250)               | <b>G94</b> | Pevný cyklus                                |
| <b>G51.2</b> | Polygonální soustružení (G251)               | <b>G96</b> | Řízení na konst. obvodovou rychlost         |
| <b>G50.3</b> | Nastavení souřadného systému obrobku         | <b>G97</b> | Zrušení řízení na konstantní obv. rychlost  |
| <b>G52</b>   | Lokální souřadný systém                      | <b>G98</b> | Najetí do referenčního bodu                 |
| <b>G53</b>   | Volba souřadného systému stroje              | <b>G99</b> | Najetí                                      |

Systém je při neustálém vývoji doplňován o další funkce. Pro srovnání G funkcí firmy FANUC můžeme použít standardizovanou tabulku verze z roku 1980 uvedenou v příloze č.1.

### 2.6.2 Funkce M

Pokud potřebujeme v určitém místě zajistit vyvolání některých doplňkových prvků řídicího systému i stroje, musíme použít pomocné funkce M. V programu je rozlišujeme na zcela samostatném řádku. Vždy jsou označeny písmenem M na začátku a dále pokračuje číslíkové označení.

#### Přehled M funkcí se zvláštním významem:

- M00* - programové zastavení,
- M01* - konec programu,
- M02* - konec programu,
- M03* - volitelné zastavení,
- M98* - volání podprogramu,
- M99* - konec podprogramu,
- M198* - volání podprogramu.

## 2.7 Princip programování

### 2.7.1 Charakteristika souřadného systému

#### • Souřadný systém stroje

Nulový bod stroje je specifický pro každý stroj a slouží jako referenční bod, přičemž na každém stroji je takový bod stanoven výrobcem. Počátek je nastaven do nulového bodu, ve kterém je umístěn souřadný systém stroje.

Volba souřadného systému se provede pomocí funkce G53. Tento povel musí být zadán v absolutních hodnotách. V jiném případě by byl povel ignorován.

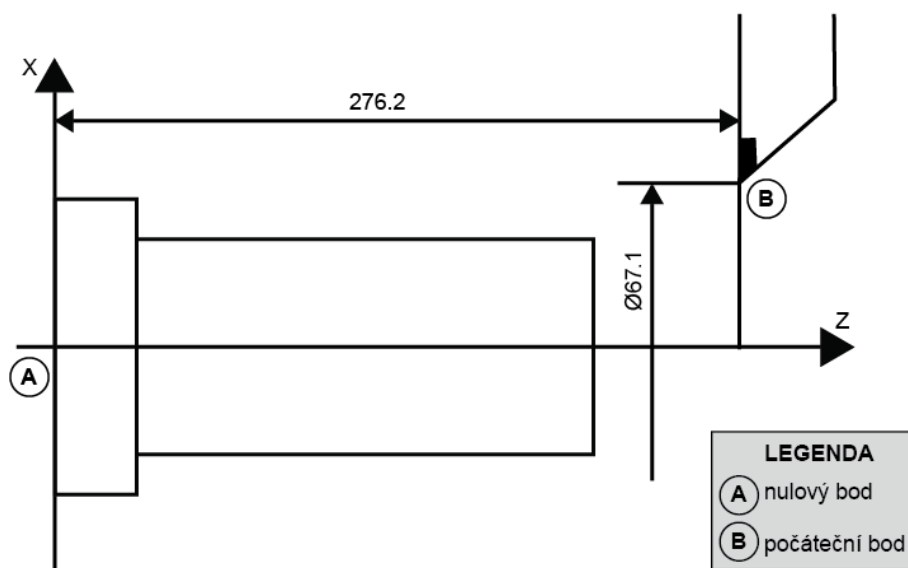
#### • Souřadný systém obrobku

Souřadný systém obrobku je vždy nutné zadat předem pomocí programu obrábění.

Nastavení souřadného systému obrobku se dá provést 3 metodami. To je možné provést funkcí G50, automatickým nastavením nebo zápisem s použitím panelu MDI. První zmíněná metoda je uvedena i na obrázku 2.3, kdy je programováno na průměr pomocí povelu G50 X67.1 Z276.2.

#### Metoda s použitím panelu MDI nabízí volbu ze šesti souřadných systémů:

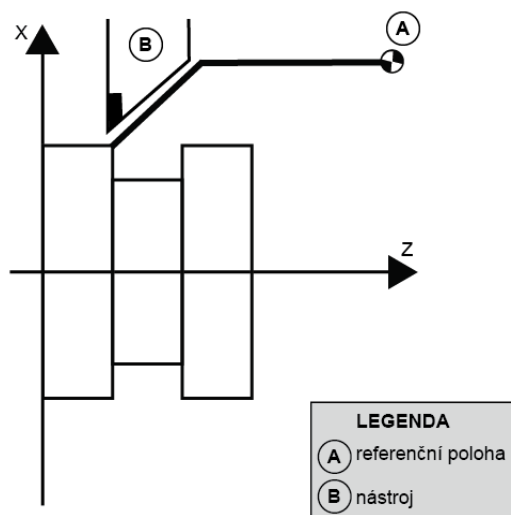
- G54* - souřadný systém obrobku 1,
- G55* - souřadný systém obrobku 2,
- G56* - souřadný systém obrobku 3,
- G57* - souřadný systém obrobku 4,
- G58* - souřadný systém obrobku 5,
- G59* - souřadný systém obrobku 6.



Obr. 2.3 Nastavení souřadného systému pomocí funkce G50

Změna souřadného systému:

Změna souřadného systému se nejčastěji provádí pomocí funkcí G10 a G50. Povel G10 umožňuje změnit souřadný systém samostatně. Změna pomocí G50IP\_ a dále zvolením z G54-G59 se projeví posunem do nového souřadného systému.

**2.7.2 Referenční poloha**

Referenční poloha je taková poloha, při které dochází k výměně nástrojů nebo kde můžeme změnit souřadný systém. Pomocí funkce nájezdu tak můžeme zcela jednoduše nástroj přemístit do bezpečné zóny.

Na obr. 2.4 je demonstrován příklad, jak se nástroj dostane do referenční polohy. Nejdříve se nástroj dostane do mezilehlé polohy a po nájezdu do referenční se rozsvítí kontrolka, která oznamuje konec požadované akce.

Obr. 2.4 Nájezd do referenční polohy

**2.7.3 Řízení os**

Celkem jsou 3 současně řízené osy. Tyto základní osy se nazývají X, Y a Z. Systém umožňuje přidat další osy díky pomocnému parametru. Taková osa se pak může nazývat např.: A, B, C, U, V, W nebo Y.

### 2.7.4 Posuvy

Posuv řídí rychlost posuvu nástroje a lze jej používat pomocí dvou metod:

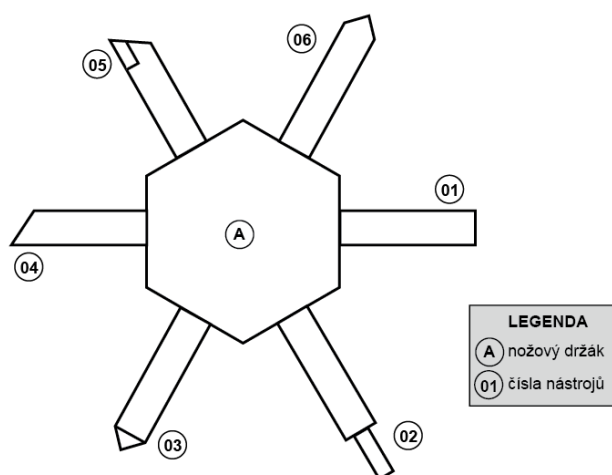
- pohyb nástroje rychloposuvem – rychloposuv,
- pohyb nástroje naprogramovanou řeznou rychlostí – řezný posuv.

Při rozjezdu a dojezdu nástroje se používá automatické zrychlení a zpomalení, aby bylo eliminováno riziko mechanického rázu.

### 2.7.5 Volba a pohyb nástroje

Pohyb nástroje je uvažován tak, že se nástroj pohybuje vůči obrobku. Existuje ale i možnost vykonávat pohyb obrobku (vřetena) místo nástroje.

Nástroj se může pohybovat po přímkách nebo obloucích, přičemž tvoří obrazec obrobku. Přesný termín pro pohyb nástroje po přímce nebo oblouku je interpolace. Nástroj může konat i jiný pohyb – synchronně s otáčením vřetena. V takovém případě dochází k výrobě závitu G32, G34. Dalším pohybem je posuv, díky němuž se uskutečňuje pohyb zadanou rychlostí pro obrábění obrobku.



Obr. 2.5 Nástroje pro různá obrábění

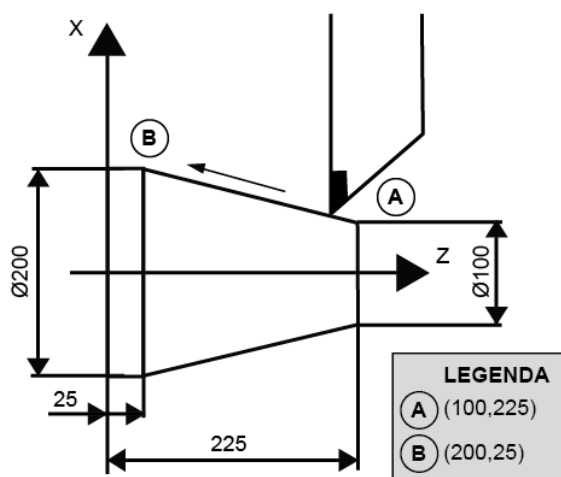
Když se provádí více různých operací, jako je soustružení, vrtání nebo závitování, je nutné zvolit vhodný nástroj. Každému přiřazujeme dané číslo, při jehož vyvolání se zvolí odpovídající nástroj. V daném programu je označen nástroj např. T0101. Potom systém vybere takový, který je umístěn na pozici 01.

### 2.7.6 Pohyb nástroje

Pro nakonfigurování pohybu nástroje existují dva způsoby:

- G90 - absolutní programování,
- G91 - inkrementální programování.

Rozdíl mezi těmito způsoby je, že u absolutního programování se programuje souřadná poloha koncového bodu. U inkrementálního způsobu se programuje vzdálenost pohybu od aktuální polohy.



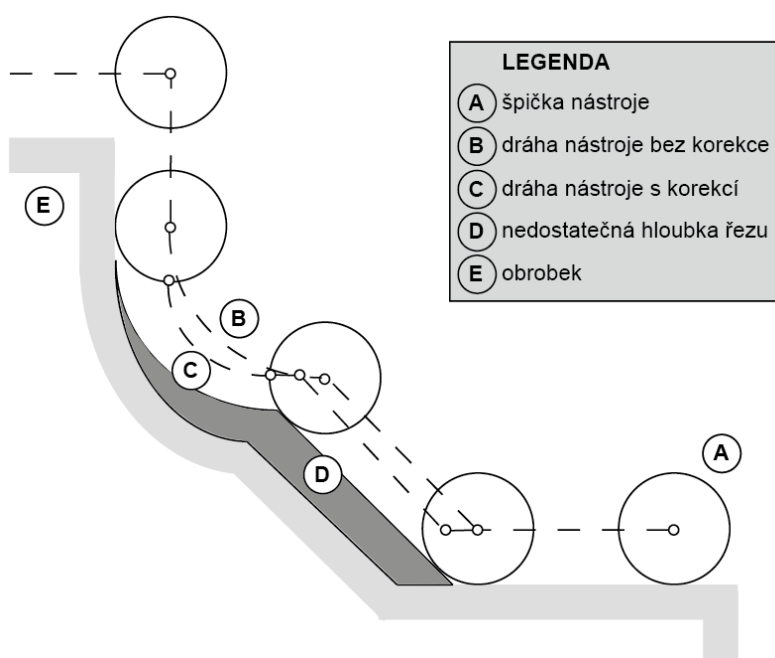
Obr. 2.6 Pohyb nástroje z bodu A do B

Absolutní a inkrementální programování je možné použít společně v jednom bloku.

Dle obrázku 2.6 se programuje pohyb nástroje z A do B pomocí absolutního příkazu `G90 X200Z25` nebo pomocí inkrementálního příkazu `G91 X100Z-200`.

### 2.7.7 Korekce

Korekce vyjadřují nejvhodnější řešení dráhy nástroje při obrábění. Jde o posunutí nástroje, které se používá jako kompenzace rozdílu, když se skutečný používaný nástroj liší od nástroje používaného v programování. Pomocí těchto funkcí se vytvoří pomyslná ekvivalenta, po které se pohybuje špička nástroje.



Obr. 2.7 Ukázka použití korekce

Korekce u Fanucu obsahují:

- posunutí nástroje,
- korekce na poloměr špičky,
- zaoblení špičky nástroje.

FANUC používá klasické funkce `G40`, `G41` a `G42` pro práci s korekcemi.

## 2.8 Rozdělení programů a způsoby programování

### 2.8.1 Hlavní program a podprogram

Existují dva typy programů:

- hlavní program,
- podprogram *M98* a *M99*.

Řídicí systém si předává povely tak, že když se přechází z hlavního programu do podprogramu, předá i řízení systému. Stejně tak to funguje i opačným směrem, když se povel vrací z podprogramu do hlavního programu.

Podprogramy snižují velikost i pracnost hlavního programu. Zejména se v nich využívá opakujících se tvarů.

### 2.8.2 Makroprogram

Hlavní myšlenkou makroprogramů je snadný vývoj obecných programů. Mají podobnou funkci jako podprogramy, ale při použití mají možnosti navíc, například použití proměnných, aritmetických a logických operací. Makroprogram je také uveden v kapitole 3.6, kde je ukázán názorný příklad.

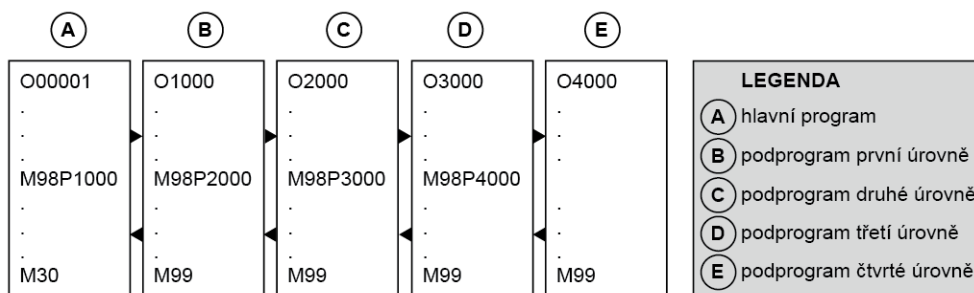
### 2.8.3 Struktura programu

Program se skládá z několika sekcí. Na začátku i na konci je vždy uveden znak %. Samotný program má několik bloků. Blok obsahuje povel pro vykonání všech pohybů, případně pro zapnutí a vypnutí chladicí kapaliny a jiné.

Do samotného programu může být vložena nápověda v podobě komentářů. Programátor tak může zanechat poznámky, čímž uvede operátora do obrazu, co v právě dané části je. Takový komentář je označen v kulatých závorkách přímo za povel.

### 2.8.4 Struktura podprogramu

Podprogram zajišťuje kód *M98*, pomocí něhož je vyvolána další programová část. Po jeho ukončení podprogram pokračuje tím, že se vrací zpět do hlavního programu. Na konci se potom uvádí kód *M99*, aby systém rozeznal okamžité ukončení podprogramu.



Obr. 2.8 Úrovně podprogramů



V případě, kdy je vyvolán podprogram z hlavního programu, je chápán jako část první úrovně. Takto je možné vyvolávat podprogram až do čtyř úrovní, např. jako na obrázku 2.8.

### **2.8.5 Způsoby programování**

- **Ruční programování**

Ruční programování se převážně vytváří na jiném zařízení než výrobním. Obvykle na kancelářském počítači. Dobrá firma disponuje vhodným softwarem, pomocí kterého může kontrolovat a simulovat naprogramovanou součást.

- **Automatické programování**

Nabídka trhu poskytuje CAD/CAM řešení od různých softwarových firem. Některé moderní softwary již nabízí moduly doplněné o programování v CNC. Proto je možné přímo při vytvoření 3D výrobku získat program. Tato metoda je na první pohled jednoduchá, ale vyžaduje od uživatele velkou znalost softwaru (např. SolidWorks, PowerMILL, Pro/Engineer, Catia a další).

## **2.9 Sestavování úpravy a manipulace programů**

### **2.9.1 Hlavní způsoby tvoření programů**

Tvoření programu se liší od dané součásti i od zařízení, na kterém se součást bude vyrábět.

Pohyb nástroje může být naprogramován metodou absolutní nebo přírůstkovou (inkrementální), které jsou popsány v kapitole 2.7.6.

Někdy programátoři sestavují program dle kontury součásti. V takové situaci používají výrobní výkresy, kde však konstruktér často zapomíná na zakótování důležitých rozměrů pro obrábění na strojích. Programování se dále může dělit např. na dílenské. Je to způsob, kterým se přenáší programování přímo do dílny, čímž se zajišťuje jeho jednotnost.

### **2.9.2 Kopírování programu a podprogramu**

Kopírování lze provádět metodou celého programu či kopírováním jeho části.

### **2.9.3 Simulace a testování programu a podprogramu**

Jednou z možných způsobů testování je vyjmutí polotovaru ze stroje a spuštění programu tzv. naprázdno. Tato metoda je dost orientační a slouží spíše ke kontrole pohybu nástroje.

Program je také možné kontrolovat metodou spuštění po jednotlivém bloku. Pomocí stisknutím tlačítka se provede jednotlivý krok. Tímto způsobem je možné provést blok po bloku.

Pro ověření správné činnosti vytvořeného programu můžeme dále docílit pomocí funkcí dodatečné změny rychlosti posuvu nebo změny rychloposuvu. Je také možné zamknout pomocné funkce.

#### ***2.9.4 Načítání, zápis a mazání souborů***

Jakmile jsou data uložena na disketu, lze je následně vyvolat. Uložené soubory je možné také jednoduše mazat. Po smazání čísla souboru jsou čísla dalších přechíslovány. Soubory následující za smazaným jsou snížena o jedničku.

Data je možné chránit. Při mazání souborů z diskety je možné nastavit přepínač do stavu ochrany a systém tak nedovolí přepsat ani smazat požadovaný soubor.

### 3 UŽIVATELSKÉ PRVKY ZAJIŠŤUJÍCÍ BEZPEČNOST SYSTÉMU

#### 3.1 Chybové hlášení

Spuštění alarmu je většinou vyjádřeno číslicově přímo na displeji řídicího systému. Příkladem pro spuštění alarmu mohou být programové chyby nebo přehřátí, přejetí a další.

Odstranit výstrahu alarmu je možné jediným způsobem, a to opravením závady a následným resetováním.

V systému lze zobrazit historii chybových hlášení. Můžeme se tak kdykoliv vrátit k zjištěným závadám a určit příčinu vyvolání alarmu.

#### 3.2 Autodiagnostika

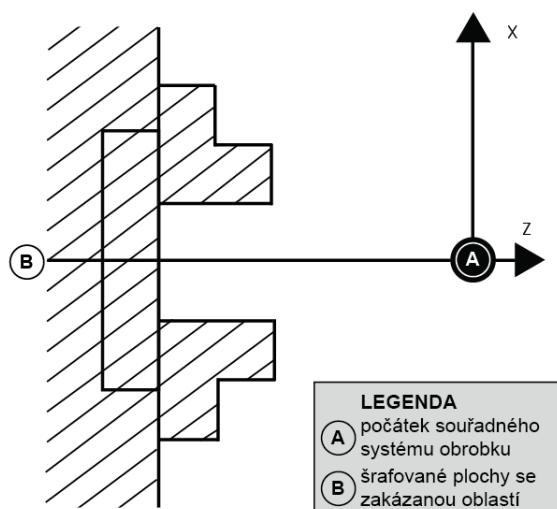
Autodiagnostika slouží k zjištění a ověření stavu systému. Existují případy, kdy se systém zastaví, přestože nezahlásí žádné chybové hlášení. V takovém případě může zpracovávat požadavek nebo obtížný proces.

Sekce autodiagnostiky je zpracována podobně jako chybové hlášení. Dle diagnostických čísel můžeme zjistit, zda byl povel proveden nebo jestli systém požadavek zpracovává.

#### 3.3 Kontrola zdvihu

Oblast, do které se nelze dostat, je nadefinována pomocí položky „uložená kontrola zdvihu“. Jakmile nástroj překročí uložené omezení zdvihu, nástroj zpomalí a následně zastaví. Podobně fungují bariéry, které jsou popsány v kapitole 3.4. Tato metoda se liší zejména možným vrácením se protisměrem původního pohybu.

#### 3.4 Nouzové zastavení



Obr. 3.1 Sklíčidlo upínající vnější povrch

Nouzové zastavení je tlačítko, při jehož stlačení se okamžitě zastaví celý průběh a zamkne se ovládání. Dále přeruší napájení z motoru. U různých výrobců obráběcích strojů existují odlišnosti odblokování např. pootočením. Samozřejmě zůstává před odblokováním odstranění závady, kvůli níž bylo tlačítko stlačeno.

K tomu, aby nedošlo k nejhoršímu poškození při nesprávné manipulaci nebo špatném nastavení, jsou umístěny u sklíčidla a koníka bariéry (obr. 3.1). Zamezují poškození stroje tím, že kontrolují, jestli špička nástroje nekoliduje se sklíčidlem nebo koníkem. Na zvláštní obrazovce se nastavuje oblast, do které nesmí nástroj vstoupit. V případě zasáhnutí této oblasti by se daná funkce neprovedla a systém by spustil výstražný alarm.

### 3.5 Údržba

Části programů, informace korekcí i systémové parametry jsou uloženy v paměti řídicí jednotky. Napájení paměti je zálohováno lithiovou baterií umístěnou v panelu. Díky tomu nemůže dojít ke ztrátě důležitých dat. Systém je napájen celkem 4 bateriemi:

- baterie v panelu,
- baterie pro samotný systém,
- baterie pro pulzní snímače absolutní polohy,
- baterie pro pulzní snímače absolutní polohy vestavěné v motoru.

Při poklesu napětí, které se ukáže na LCD displeji je potřeba zvážit výměnu baterií. Je nutné vypnout napájení CNC systému a optimálně po 30 sekundách vyjmout starou baterii z pouzdra a vyměnit za novou.

Tento postup platí všeobecně ke každému typu baterie, který tento systém obsahuje. Při koupi nové baterie je nutné řídit se pokyny výrobce a starou baterii nahrazovat doporučeným typem. Použité baterie je třeba zlikvidovat dle příslušných pravidel.

### 3.6 Odlišnosti řídicího systému

Hodnotit odlišnosti řídicích systémů můžeme z několika hledisek:

- náročnost systému,
- specializace daného systému,
- původ a zkušenosti výrobce,
- srovnání s jiným řídicím systémem.

Řídicí systém FANUC se řadí mezi několik známých produktů, které strojírenské firmy využívají pro svoji výrobu. FANUC má dobrou celosvětovou pověst a je známý u pracovníků obráběcích strojů. Výrobce dosud prodal více než 2 miliony řídicích systémů CNC po celém světě. Tím se stal<sup>6</sup> největším světovým výrobcem. Řídicí systém FANUC se vyznačuje vysokou spolehlivostí, přesností, rychlostí a jednoduchou obsluhou. Jeho náročnost tak patří k středně pokročilé úrovni.



Obr. 3.2 obráběcí stroje se systémem FANUC (vlevo) a systémem Mazatrol (vpravo)

FANUC se specializuje<sup>7</sup> v dnešní době mimo jiné i na náročnější obrábění. Např. 5-ti osé obrábění se stává stále více rozšířené pro frézovací stroje. Toto obrábění umožňuje složité obráběcí operace při jednom upnutí obrobku, čímž snižuje neproduktivní čas a odstraňuje nepřesnosti, které vznikají při vícenásobném upnutí. Zvýšená pohyblivost mechanických částí stroje umožňuje zlepšit přístup na místa, která byla u dřívějších obráběcích strojů nedosažitelná. Dále je možné si volitelně přiřazovat jednotlivé osy. V důsledku toho je možné používat kratší a tužší nástroje, což pomáhá zlepšit kvalitu obráběného povrchu.

Tab. 3.1 Výpis funkce G184

**N80**  
 G30U0W0(P0H/XNECKA CELNE)  
 T0909(ZAViTNI K M2)  
 G98M19  
 G28 H0  
 G97S100 ·  
 G0X16Z-3.5C0M8(KRUNICE D=16)  
 M37 ·  
 G184Z-9F0.4T1  
 M38  
 G0Z1C120  
 M37  
 G184Z-9F0.4T1  
 M38  
 G0Z1C240  
 M37  
 G184Z—9F0.4T1  
 M38  
 M75  
 M18  
 G30U0W0M9

Pokračování a celkový výpis funkce G184 FANUC je uvedeno v příloze č.2.

Mezi nejvýznamnější vlastnosti Fanucu, které se liší od jiných systémů, patří i samotný seznam G funkcí. Program FANUC jej stejně jako každý jiný systém přizpůsobil. Změny ke srovnání jsou uvedeny v kapitole 2.6.1. Každý výrobce totiž nastavuje tyto funkce dle svých potřeb a ve skutečnosti pak při vyvolání funkce naběhne složitý makroprogram, který má každý jiný programovací řídicí systém nastaven jinak. Pro příklad je uvedeno vyvolání funkce G184 v tabulce 3.1.

## 4 VYUŽITÍ ŘÍDICÍHO SYSTÉMU FANUC V MALÉ STROJÍRENSKÉ FIRMĚ

### 4.1 Představení malosériové výroby s řídicím systémem FANUC

K vypracování této části bakalářské práce jsou použity informace z internetového vyhledávání firem, jenž používají na svých strojích řídicí systémy FANUC. Firma Solid Brno s.r.o. je zaměřena<sup>9</sup> na malosériovou a kusovou výrobu zámečnických výrobků obráběných na CNC strojích. Dále pak prodejem sintrovaných materiálů a výrobků s povrchovou úpravou pomocí práškové metalurgie vhodných jako kontaktní materiály v elektrotechnice.



Obr. 4.1 CNC soustruh od firmy Goodway s řídicím systémem FANUC

#### 4.1.1 Představení malosériové výroby Solid Brno s.r.o.

Ve firmě pracuje pan Jiří Dočekal, který je ve funkci pracovníka výroby. V krátkosti představil jejich firmu. Jedná se o menší halu s rozměry 30x60m, kde pracuje 20 dělníků a inženýrů se stroji jako jsou např. Mazak QT6T, Mazak SQT100M, Lico LNC42, Haas VF-2 SS, Goodway GLS150, Goodway GTS-260 MMX.

#### 4.1.2 Slovo představitele firmy pana Jiřího Dočekala, pracovníka výroby

„Firma Solid Brno byla založena v roce 1990. Vybudovala vlastní výrobní podnik v Brně, kde dodnes působí. Od počátku vzniku firmy vyrábí wolframové kontakty do auto a moto rozdělovačů. Vlastní technologii na kapilární pájení v ochranné atmosféře. Prodává a obrábí speciální materiály pro elektrotechnický průmysl. Od roku 2000 nastává rozšíření o přesné obrábění na CNC strojích. V roce 2003 zavedla firma systém jakosti ISO 9001. V současné době vlastní stroje pro přesné soustružení a frézování.“



Obr. 4.2 Řídicí systém FANUC

## 4.2 Postup při výrobě jednoduché součásti

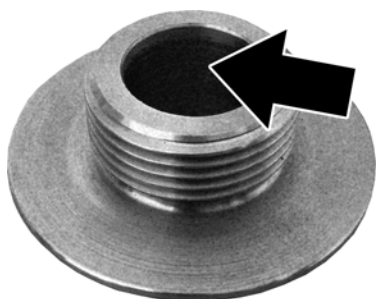
Rozdělení součásti dle tématu bakalářské práce je na jednoduchou a složitou. Složitá součást bude brána v úvahu, pokud je potřeba obrábět v několika osách a je zapotřebí dosáhnout přesných rozměrů a složitějších vnitřních tvarů.

Volba součásti je podřízena i kritériu firmy Solid Brno s.r.o. Z řady jejich výrobků je vybrán představitel první součásti, který má symetricky rotační tvar - příruba. Druhým představitelem bude součást s průchozí dírou, velmi přesnými rozměry a s dírou na obvodě součásti – víko.

### 4.2.1 Volba vhodné jednoduché součásti, návrh výkresu

Jako jednodušší je tedy představena rotační symetrická součást s několika průměry, sraženými, zaoblenými, průchozí dírou a vnějším závitem na obvodě. Jde o přírubu, která se používá u solárních panelů.

### 4.2.2 Postup při tvorbě NC programu



Obr. 4.3 Příruba

V příloze č.7 je kompletně sestaven programový postup při výrobě této součásti. Pro názornou ukázkou je vybrán přehled kroku N50, kde dochází k hrubování díry.

Funkce G28 se používá jako nájezd do referenční polohy stroje. Jedná se o odjezd nástroje, aby bylo možné bezpečně vyměnit nůž. Nejdříve je tedy



zvolen nástroj T101. Dále je potřeba nastavit konstantní otáčky G99G97S1200M3. V řádku G1X20.9,A225R0.5F0.08 najede nástroj na kraj a potom pokračuje obrobení celé díry na průměr 20,9 mm.

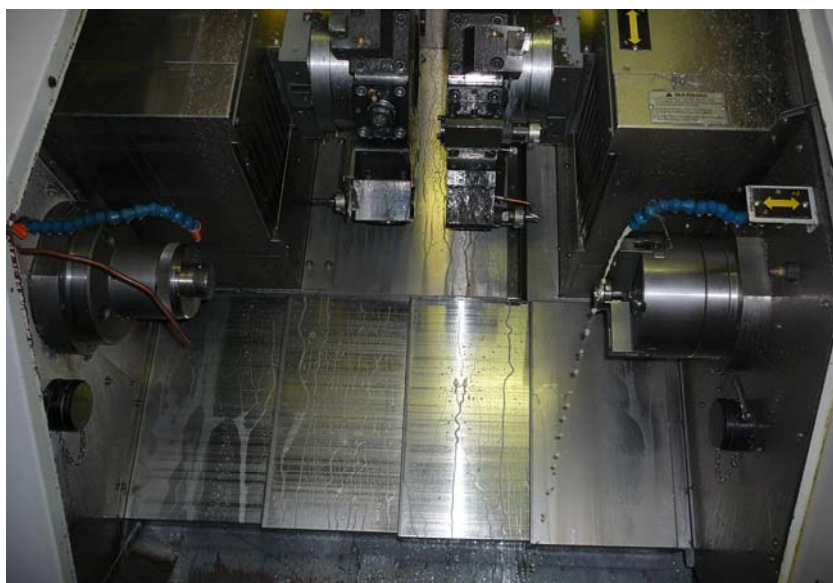
Tab. 4.1 Přehled kroku N50 v programu příruby

**N50**  
G28U0W0(HRUB DIRY)  
T101  
G99G97S1200M3  
G0G41X24.2Z1M8  
G1X20.9,A225R0.5F0.08  
G1Z-23F0.12  
X20  
G0G40Z1  
G28U0W0M9

#### 4.2.3 Zhotovení součásti

Zhotovení součásti proběhne na soustruhu od firmy Goodway typu GTS-260 MMX. Celý pracovní postup je podrobně vysvětlen v příloze č.3. Jako výchozí polotovár se použije válcový s průměrem 60 mm o délce 25 mm. CNC soustruh si bude postupně posouvat tyč o délce 1500 mm a dle svých potřeb bude konat první operaci stále za sebou. Součást znázorněná na obrázku 4.3 se bude vyrábět na stejném soustruhu na dvě upnutí.

Při prvním upnutí se vyrobí základní tvar včetně průchozí díry a se závitem na obvodě součásti. Při druhém upnutí se součást upevní za vnější závit tak, aby se mohla vyrobít druhá strana příruby. Jelikož se příruba vyrábí na dvouvřetenovém soustruhu (obr. 4.4), celá druhá operace probíhá následně. Celkově se tedy nejdříve vyrábí první strana a po dokončení první operace druhé vřeteno převezme součást a uchytí ji za závit vyrobený na obvodě.



Obr. 4.4 Ukázka dvouvřetenového soustruhu.

Problematika upnutí za vnější závit se řeší speciálními čelistmi mající připevněnu hliníkovou destičku, která chrání proti poškození závitů.

Po vyhotovení součásti soustruh vyhodí přírubu na jezdící pás, na jehož konci je skladovací box. Ten je poté přenesen do ručního pracoviště, kde pracovník vezme součást a následně ji očistí od nečistot vzduchovou pistolí, případně náhodně vybrané kusy zkontroluje příslušnými měřidly, zejména funkční rozměry a závit. Příruba se nakonec umístí do skladovací bedýnky a nachystá se pro zákazníka.



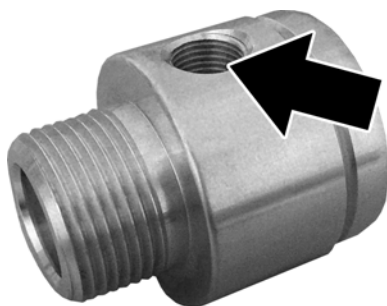
Obr. 4.5 Příprava polotovarů u stroje.

### 4.3 Postup při výrobě složitější součásti

#### 4.3.1 Volba vhodné složitější součásti, návrh výkresu

Představitelem druhé součásti je dle doporučení pana Jiřího Dočekala víko. Toto víko se využívá jako koncová část na pístnici. Výkres součásti je sestaven v příloze č.6.

#### 4.3.2 Postup při tvorbě NC programu



Obr. 4.6 Víko

V příloze č.8 je opět kompletně popsán programový postup při výrobě této součásti. Pro názornou ukázkou je vybrána část, kde dochází k výrobě boční díry s kuželovým závitem. (obr.4.6). Přehled kroků je také uveden v tabulce 4.2.

### Úsek N40

K vyvrtání boční díry je zapotřebí vnější pohon. Pomocí speciálního vrtáku můžeme vyrobit díru pro kuželový závit. V řádku G0X35Z-24.05C0M8 se naznačuje v jaké vzdálenosti od nulového bodu bude díra umístěna. K vrtání potom dojde v řádku G0X3.3F180, kde je naznačeno, kam se má dostat špička vrtáku. V dalších krocích dojde k vyjetí vrtáku a jeho vrácení do původní polohy.

### Úsek N50

Opět použijeme vnější pohon a tentokrát nástroj pro výrobu kuželového závitu označeného na řádku T0909. Řádek s hodnotami G97S280M73 nastavuje konstantní otáčky a najetí k ose díry je uvedeno v následném řádku G0X35Z-24.05C0M8, dále pokračuje závitový cyklus a po dokončení celé operace nástroj opět vyjede do původní polohy.

Tab. 4.2 Přehled kroků N40 a N50 v programu víka

```

N40
G30U0W0
T0707(SPECIALNI VRTAK 8.5)
G98M19
G28H0
G97 S3000M73
G0X35Z-24.05C0M8
M37
G1 X3.3F180
G0X35M9
M38
M75
M18
G30U0W0M9
N50
G30U0W0
T0909(KUZELOVY ZAVIT)
G98M19
G28 H0
G97S280M73
G0X35Z-24.05C0M8
M37
G188X13.7F0.907T1
M38
M75
M18
G30 U0W0M9

```

V této části je názorně předvedena možnost umísťování komentářů uvedených v závorkách.

#### 4.3.3 Zhotovení součástí

Složitost je dána zejména přesností součásti a kuželovým závitem na jejím obvodu. Součást se řadí do složitější kategorie i s ohledem na výrobní stroje firmy Solid Brno s.r.o., kde se tato součást vyrábí. Postup je uveden v příloze č.4.

Celá součást se vyrobí na dvou soustruzích od firmy Goodway typ GLS150 a dále na soustruhu od výrobce Mazak typu QT6T. Při prvním upnutí se vyrobí základní tvar včetně průchozí díry a kuželového závitu na obvodě víka. U druhé operace dojde k výměně stroje a dodělá se druhá strana na stroji od firmy Mazak. Celkově se tedy nejdříve vyrábí první strana stále za sebou a poté dělník manuálně upíná druhou stranu součásti na další soustruh a spouští program druhé operace.



Obr. 4.7 Box u soustruhu.

Po vyhotovení víka soustruh vyhodí tuto součást přímo do boxu (obr. 4.7), odkud ji pracovník vezme na ruční pracoviště a součást očistí od nečistot, případně zkontroluje náhodné kusy, zejména funkční rozměry a závity. Nakonec je součást připravena do skladovací bedýnky přímo pro zákazníka.

## ZÁVĚR

Problematikou zadaného tématu bylo prokázání znalosti řídicího systému, navržení technologie k zadaným součástem a sestavení NC programů.

Řídicí systém FANUC se řadí mezi celosvětovou špičku a navzdory americké a japonské spolupráci je systém nejen v České republice považován za vynikající. FANUC prošel zdokonalením i pro evropské zákazníky a už obsahuje převod z palcových do metrických souřadnic a naopak. I tento systém se liší seznamem svých G funkcí, ale také například jinak pracuje s makroprogramy, které má jako každý jiný řídicí systém specifické.

Na základě daných součástí byl představen kompletní návrh způsobu výroby včetně technologických postupů a výrobních programů. U vybraných součástí byly ukázány praktické výrobní operace. Dokázalo se, že lze se systémem pracovat opravdu velmi přesně. Vybrané výrobky se řešily na základně požadavků a možností firmy Solid Brno s.r.o., u příruby se výroba součásti navrhla na jednom stroji s dvouvřetenem tak, aby stroj mohl součást upnout i z druhé části. Představila se problematika řešení upnutí součásti a její další manipulace. Výroba víka byla navržena na dvou strojích, kde šlo zejména o přesné rozměry. Výrobní programy se navrhly tak, aby byla zajištěna přesná výroba dle zadaných výkresů a splňovaly veškeré bezpečnostní vlastnosti.

Technologie CNC programování je jednou z nejdůležitějších metod strojírenství. FANUC získal na celém světě své postavení a lze očekávat, že si svoji pozici mezi ostatními značkami řídicích systémů bude držet dál. FANUC již představil několik verzí řídicího systému a předpokládá se, že další zdokonalování verzí bude pokračovat.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. FANUC GE CNC, Česká republika. *Řídící systémy Fanuc* [online]. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.fanucge-europe.com/mastereur\\_cz/](http://www.fanucge-europe.com/mastereur_cz/)>.
2. FANUC GE CNC, Česká republika. *Řídící systémy Fanuc* [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.fanucge-europe.com/>>.
3. *Řídící systémy CNC : Návod pro obsluhu*. GE FANUC AUTOMATIC S.A. Lucembursko. 2001. B63604CZ/01.
4. VALOUCH, Jaromír. *Vylepšené dílenské programování*. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://kovotech.kvalitne.cz/view.php?cislocclanku=2005060201>>.
5. *Wikipedie* [online]. 1995. Dostupné na World Wide Web: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/EIA>>.
6. FANUC GE CNC, Česká republika. *Řídící systémy Fanuc* [online]. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.fanucge-europe.com/mastereur\\_cz/broker.jsp?uMen=2563e416-c564-01e5-945c-c948b7234fed](http://www.fanucge-europe.com/mastereur_cz/broker.jsp?uMen=2563e416-c564-01e5-945c-c948b7234fed)>.
7. FANUC GE CNC, Česká republika. *Řídící systémy Fanuc* [online]. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.fanucge-europe.com/mastereur\\_cz/broker.jsp?uMen=a6f703e4-16c5-6401-e594-5cc948b7234f](http://www.fanucge-europe.com/mastereur_cz/broker.jsp?uMen=a6f703e4-16c5-6401-e594-5cc948b7234f)>.
8. FANUC GE CNC, Česká republika. *Řídící systémy Fanuc* [online]. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.fanucge-europe.com/mastereur\\_cz/broker.jsp?uMen=21023e41-6c56-401e-5945-cc948b7234fe](http://www.fanucge-europe.com/mastereur_cz/broker.jsp?uMen=21023e41-6c56-401e-5945-cc948b7234fe)>.
9. SOLID BRNO, Česká republika. *Stránky společnosti Solid Brno* [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.solidbrno.cz/>>.
10. KRÍŽ, Rudolf. *Tabulka materiálů a předvýrobků pro strojírenství II. : Kovové materiály - neželezné kovy*. Ostrava: Montanex a.s., 2000. 263s. ISBN 80-85780-92-5.
11. *Hoffmann Gruppe : Váš partner pro kvalitní nářadí*. HOFFMANN QUALITA. Česká republika. 2000.
12. *Pramet : Soustružení*. PRAMET TOOLS s.r.o. Česká republika. 2001.
13. *Třídník výrobních strojů a zařízení ve strojírenství*. Praha: Federální ministerstvo všeobecného strojírenství, 1980. 250s.
14. LEINVEBER J. a VÁVRA P. *Strojnické tabulky : Pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. Praha : Albra - pedagogické nakladatelství, 2003. 865s. ISBN 80-86490-74-2.
15. *Wikipedie* [online]. 1995. Dostupné na World Wide Web: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/G-kód>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

| Zkratka/Symbol | Jednotka | Popis  |
|----------------|----------|--|
| CNC            | -        | Computer Numerical Control - číslicově řízené počítačem    |
| CAD            | -        | Computer Aided Design - počítačem podporované projektování |
| CAM            | -        | Computer Aided Manufacturing - počítačová podpora obrábění |
| EIA            | -        | Studie vyhodnocování vlivů na životní prostředí            |
| LCD            | -        | Liquid Crystal Display - displej z tekutých krystalů       |
| MDI            | -        | Manual Direct Instruction - Manuální přímé instrukce       |
| NC             | -        | Numerical Control - číslicové ovládání                     |

**SEZNAM PŘÍLOH**

|           |                           |
|-----------|---------------------------|
| Příloha 1 | Seznam funkcí G           |
| Příloha 2 | Výpis makroprogramu       |
| Příloha 3 | Pracovní postup - Příruba |
| Příloha 4 | Pracovní postup - Víko    |
| Příloha 5 | Výrobní výkres - Příruba  |
| Příloha 6 | Výrobní výkres - Víko     |
| Příloha 7 | NC program - Příruba      |
| Příloha 8 | NC program - Víko         |



## Příloha 1

| Seznam funkcí G <sup>15</sup> |  |
|-------------------------------|--|
| <b>G00</b>                    | Rychlé polohování  |
| <b>G01</b>                    | Lineární interpolace   |
| <b>G02</b>                    | Kruhová interpolace ve směru hod. ručiček  |
| <b>G03</b>                    | Kruhová interpolace proti směru hod. ručiček   |
| <b>G04</b>                    | Časová prodleva  |
| <b>G17</b>                    | Volba pracovní roviny X-Y  |
| <b>G18</b>                    | Volba pracovní roviny X-Z  |
| <b>G19</b>                    | Volba pracovní roviny Y-Z  |
| <b>G21</b>                    | Prázdný blok   |
| <b>G23</b>                    | Podmíněný skok   |
| <b>G24</b>                    | Programování poloměrů  |
| <b>G25</b>                    | Skok do podprogramu  |
| <b>G26</b>                    | Programový cyklus  |
| <b>G27</b>                    | Programový skok  |
| <b>G28</b>                    | Skok do jiného programu  |
| <b>G31</b>                    | Najetí na sondu  |
| <b>G33</b>                    | Řezání závitů  |
| <b>G50</b>                    | Zrušení lokálního souřadného systému systému   |
| <b>G51</b>                    | Nastavení lokálního souřadného systému   |
| <b>G61</b>                    | Hrubování kuželové plochy  |
| <b>G62</b>                    | Hrubování rádiusu vydutého   |
| <b>G63</b>                    | Hrubování rádiusu vypuklého  |
| <b>G64</b>                    | Podélný hrubovací cyklus   |
| <b>G66</b>                    | Zapichovací cyklus   |
| <b>G68</b>                    | Čelní hrubovací cyklus   |
| <b>G72</b>                    | Obdélníkový cyklus   |
| <b>G73</b>                    | Cyklus vrtání s prodlevou  |
| <b>G78</b>                    | Závitovací cyklus  |
| <b>G79</b>                    | Závitovací cyklus šikmým přísuvem  |
| <b>G81</b>                    | Vrtací cyklus  |
| <b>G83</b>                    | Vrtací cyklus s výplachem  |
| <b>G85</b>                    | Vystružovací cyklus  |
| <b>G90</b>                    | Absolutní programování   |
| <b>G91</b>                    | Inkrementální (přírůstkové) programování   |
| <b>G92</b>                    | Zadání momentální polohy nástroje v osách X a Z, definice počátku souřadného systému |
| <b>G94</b>                    | Posuv v jednotkách mm/min  |
| <b>G95</b>                    | Posuv v jednotkách mm/ot.  |
| <b>G96</b>                    | Konstantní rezná rychlost  |
| <b>G98</b>                    | Najetí do referenčního bodu  |

## Příloha 2

%  
O9018{G184 Z—%\\><1S 1`AFWENG)  
#19=#17/1000  
#2=#4005  
#7=#4001  
#1 =#41 09  
#10=#5002  
M75  
M76 `  
G4X0.4  
IF[#9EQ#0]GOTO999  
|F[#9GT3]GOTO997  
|F[#26EQ#0]GOTO10  
#11=#26-#10-#18  
GOTO20  
N1 0  
|F[#23EQ#0]GOTO999  
#1 1=#23-#18  
N20#12=ABS[#11/#9]  
#13=#12\*10  
#14=#12/#41 19  
#15=SQRT[#11\*#11+#13\*#13]/#14  
IF[#15GT15000]GOTO998  
|F[#8EQ1]GOTO30  
M25  
GOTO31  
N30M26  
N31G50E0  
G0W#18  
G1 0L50  
N1402R#504  
N 1422R#506  
G1 1  
IF[#20EQ2]GOTO60  
|F[#20EQ4]GOTO59  
N59G98G1W#1 1 E-#13F#15  
GOTO99  
N60G98G1W#11E#13F#15  
N99G4X#19  
G1W—#1 1E0F#15  
G0Z#10  
G10L50 \_\_\_ i  
N1402R#505 ' K K 7  
N1422R#507  
G1 1  
G#2  
G#7  
F#1  
M26  
M77  
M99  
N997#3000=3{EL.LEGAL F C0ME/EAN D}GOTO1 00  
N998#3000=2(T@ :;`iEU%.)CE THE GF \$v\$SELL\$NG}  
GOTO100  
N999#3000=1{{{3ATA ER??<C>\$?2)  
N 1 00M77  
M99  
%

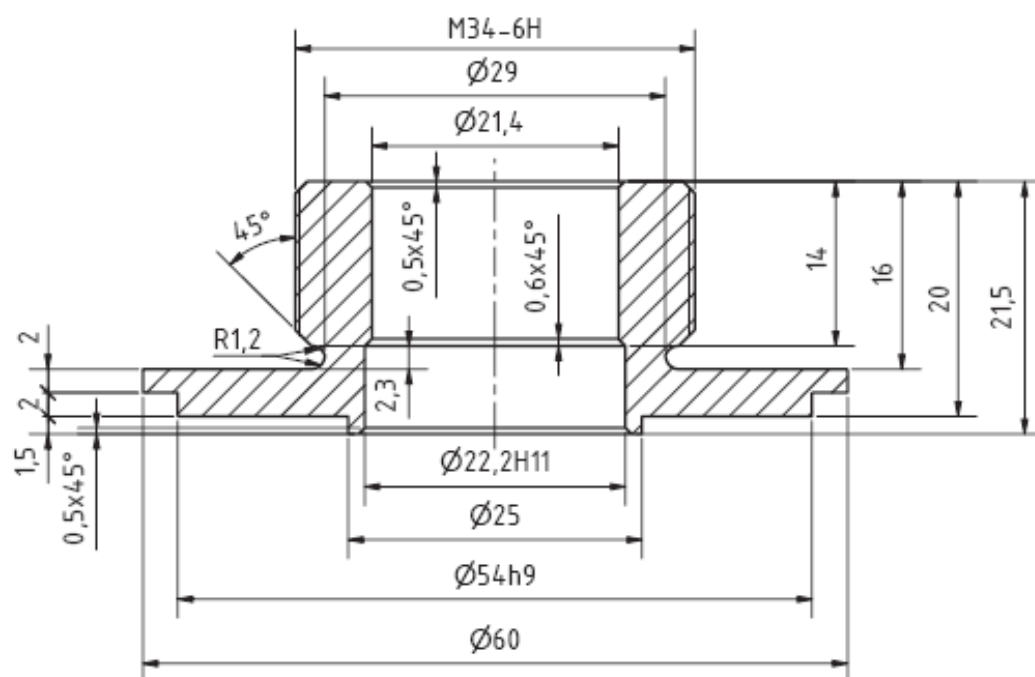
### Příloha 3


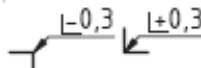

| PRACOVNÍ POSTUP - RÁMCOVÝ  |  |  |  |                  |
|--|--|--|--|------------------|
| <b>Součást: PŘIRUBA</b><br><b>Číslo výkresu: VUT-FSI-WIENER-2009-001</b> |  |  | <b>Materiál: 11 523</b><br><b>Polotovár: Ø65-25 ČSN 42 5010-1</b><br><b>Hmotnost[kg]:</b><br><b>hrubá: 0,35 čistá: 0,15</b>  |                  |
| Číslo operace  | Pracoviště<br>Typ stroje                         | Popis práce:   | Nástroje:  | Další parametry: |
| 0  | 05961<br>Zásobárna -<br>Rámová pila<br>PR20A     | Řezat polotovár Ø65<br>na délku l = 150.                         | Posuvka MessZeug-Satze 41 900,<br>Mahr   |                  |
| 10   | 04521<br>CNC soustruh<br>Goodway GTS-<br>260 MMX | Upnout za Ø65,<br>spustit program první<br>operace.              | SCLCR 2525K12/CNMG, Iscar<br>CCMT 120404E-UM, Pramet<br>S12M-SCLCSR 09, Iscar<br>CCGT 09T302F-AL, Pramet<br>SDJCR 2525K11/DCMT, Iscar<br>DCGT 11T302F-AL, Pramet<br>SVJCR 2020/VCGT, Iscar<br>VCMT 160404E-UM, Pramet<br>GFIR 2525 M 03L, Pramet<br>LCMF 031304-F, Pramet<br>SER 2525, Iscar<br>TN 12ER 12AACME, Pramet<br>VRTAK S VMD 802D-20, Pramet<br>SCET 050204-UD, Pramet |                  |
| 20   | 04521<br>CNC soustruh<br>Goodway GTS-<br>260 MMX | Upnout za vnější závit<br>M34, spustit program<br>druhé operace. | SCLCR 2525K12/CNMG, Iscar<br>CCMT 120404E-UM, Pramet<br>S12M-SCLCSR 09, Iscar<br>CCGT 09T302F-AL, Pramet<br>SDJCR 2525K11/DCMT, Iscar<br>DCGT 11T302F-AL, Pramet   |                  |
| 30   | 09421<br>Ruční<br>pracoviště                     | Očistit.   |  |                  |
| 40   | 18712<br>OTK                                     | Závěrečná kontrola<br>funkčních rozměrů.                         | Posuvka MessZeug-Satze 41 900,<br>Mahr   |                  |
| 50   | 09913<br>Ruční<br>pracoviště                     | Konzervovat a balit.   |  |                  |
| Datum:<br>26.2.2009  |  | Vyhotovil:<br>WIENER   | Schválil:  |                  |

## Příloha 4

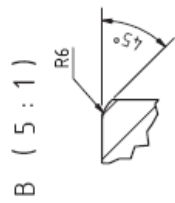
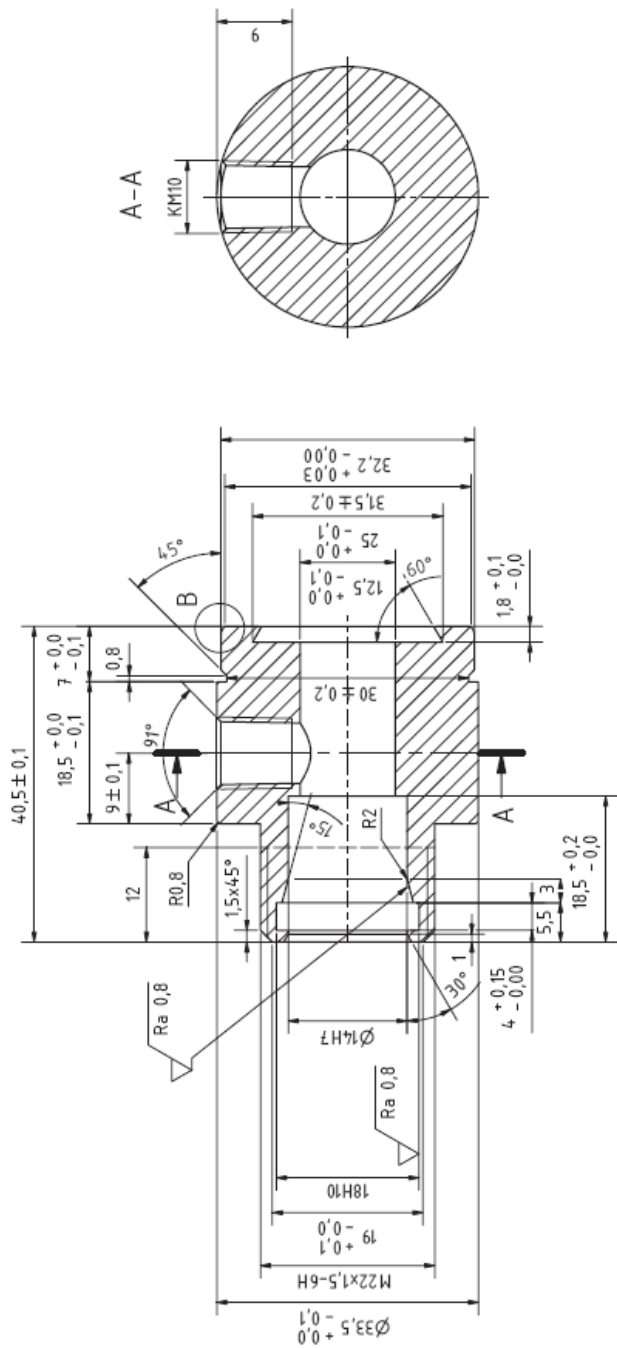
| PRACOVNÍ POSTUP - RÁMCOVÝ   |  |   |  |                  |
|---|--|---|--|------------------|
| <b>Součást: VÍKO</b><br><b>Číslo výkresu: VUT-FSI-WIENER-2009-002</b> |  |   | <b>Materiál: EN-AW 2030</b><br><b>Polotovár: Ø35-45 ČSN 42 7610</b><br><b>Hmotnost[kg]:</b><br><b>hrubá: 0,18 čistá: 0,10</b>  |                  |
| Číslo operace   | Pracoviště<br>Typ stroje                     | Popis práce:  | Nástroje:  | Další parametry: |
| 0   | 05961<br>Zásobárna –<br>Rámová pila<br>PR20A | Řezat polotovár Ø35<br>na délku l = 150             | Posuvka MessZeug-Satze 41 900,<br>Mahr   |                  |
| 10  | 04511<br>CNC soustruh<br>Goodway<br>GLS150   | Upnout za Ø35,<br>spustit program první<br>operace. | SCLCR 2020K12/CNMT, Iscar<br>CCMT 120404E-UM, Pramet<br>SER 2020 K16, Iscar<br>TN 16ER160ZZ, Pramet<br>SDJCR 2020 K11, Iscar<br>DCMT 11T304E-UM, Pramet<br>S10L SCLCR 06, Iscar<br>CCMW 060202FN, Pramet<br>SVJCR 2020/K11, Iscar<br>VBMT 160402E-UR, Pramet<br>GFIR 2525 M 03L, Pramet<br>LCMF 031304-F, Pramet<br>E10M SDUCR 07, Iscar<br>DCGT 11T302-SM, Iscar<br>VRTAK S VBD 802D-12, Pramet<br>SCET 050124-UD, Pramet<br>VRTAK D=8,5, DIN 6535 HA<br>12260,<br>Vollhartmetall-<br>Hochleistungsbohrer |                  |
| 20  | 04511<br>CNC soustruh<br>Mazak QT6T          | Upnout za Ø22,<br>spustit program druhé<br>operace. | SCLCR 2020K12/CNMT, Iscar<br>CCMT 120404E-UM, Pramet<br>SVJCR 2020/K11, Iscar<br>VBMT 160402E-UR, Pramet<br>SVXCR 2020K-16, Iscar<br>VCGT 160404, Iscar  |                  |
| 30  | 09421<br>Ruční<br>pracoviště                 | Očistit.  |  |                  |
| 40  | 18712<br>OTK                                 | Závěrečná kontrola<br>funkčních rozměrů.            | Posuvka MessZeug-Satze 41 900,<br>Mahr   |                  |
| 50  | 09913<br>Ruční<br>pracoviště                 | Konzervovat a balit.                                |  |                  |
| Datum:<br>26.2.2009   | Vyhotovil:<br>WIENER                         | Schválil:   |  |                  |




## Příloha 5



|  |                        |   |  |                          |   |
|--|------------------------|---|--|--------------------------|---|
| Struktura povrchu:<br> Ra 6,3 |                        | Hrany:<br> L-0,3 L+0,3 |  | Měřítka<br>2:1           | Přesnost ISO2768-mH   |
|  |                        |   |  |                          | Tolerování ISO8015  |
|  |                        |   |  |                          | Promítání  |
| Materiál 11 523  | Polotovár Ø 65-25      | Hmotnost 0,15 kg  |  | CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016 |   |
| ÚSTAV<br>STROJÍRENSKÉ<br>TECHNOLOGIE   | Druh dokumentu         | Název<br>PŘÍRUBA  |  |                          |   |
|  | Kreslil WIENER         |   |  |                          |   |
|  | Schválil               | Číslo dokumentu<br>VUT-FSI-WIENER-2009-001  |  |                          |   |
|  | Datum vydání 22.2.2009 |   |  |                          |   |
| List 1 / 1   |                        |   |  |                          |   |

Příloha 6



|   |   |                    |  |  |
|---|---|--------------------|--|--|
| Struktura povrchu<br>Ra 1,6  | Hrany:<br> |                    | Měřítko<br>2:1                             | Přesnost ISO 2768-mH<br>Tolerování ISO 8015<br>Promítání  |
|   | Materiál EN-AW 2030   | Polotovary Ø 35-45 | Hmotnost 0,10 kg                           | CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016   |
|   | Druh dokumentu<br>Kreslit<br>Schválit<br>Datum vydání   | Název<br>VÍKO      | Číslo dokumentu<br>VUT-FSI-WIENER-2009-002 | List 1 / 1   |

## Příloha 7, 1/5

%  
O1103(PRIRUBA 4-5635A)  
(1 .STRANA)  
(MATERIAL 11 523)  
(PROGRAM0VAL WIENER 21.2.2009)  
(PROGRAM S KOREKCEMI)  
( ----- )  
(T202..SCLCR 2525 K12/CNMG)  
(T303..S12M-SCLCR 09)  
(T404..SDJCR 2525 K11/DCMT)  
(T606..SVJCR 2020/VCGT)  
(T808.. GFIR 2525 M 03L)  
(T1010.SER 2525)  
(T1111.VRTAK S VMD 802D-20)  
(T1212.DORAZ)  
( ----- )  
G28U0W0  
G10P0Z32  
G50S2500  
G40  
M18  
M1  
/M300(SYNCHRONIZACE)

G1900D60.L25.5K1.

N5  
G28U0W0(PODAVAC)  
T1212(DORAZ)  
G98  
G0X0Z30  
G1Z-22F2000  
M5  
M10  
G4X2  
G1Z1F500  
G4X2  
M11  
G4X1  
G28U0W0

N20  
G28U0W0(HRUB OSAZENI)  
T202  
G99G96S200M3  
G0G41X61Z0.1M8  
G1X0F0.25  
G0G40X61Z1  
G71U2R1  
G71P21Q22U1W0.2F0.35  
N21G0G42X26

G1X33,A135R2  
Z-16  
X60  
N22G40X61 ,A120  
G28U0W0M9

N30  
G28U0W0(DOKONCENI HRUBU)

## **Příloha 7, 2/5**

T404  
G99G96S180M3  
G0X61Z1M8  
G71U20R1  
G71P31Q32U0.6W0.05F0.25  
N31G0G42X26.9  
G1X32.9,A135R2  
Z-12.2  
X29.5,A215R0.8  
Z-16R0.8  
X57.2 '  
X59.8,R1.3  
Z-20  
X60  
N32G40X61,A120  
G28U0W0M9

N40  
G28U0W0(VRTANI S ODLEHCENIM)  
T1111  
G99G97S1400M3  
M8  
G1101Q5.K0.C1.F0.09P0.Z11.B0.L-27  
G28U0W0M9

N50  
G28U0W0(HRUB DIRY)  
T101  
G99G97S1200M3  
G0G41X24.2Z1M8  
G1X20.9,A225R0.5F0.08  
G1Z-23F0.12  
X20  
G0G40Z1  
G28U0W0M9

N70  
G28 U0W0(VNEJSI NOZOVY ZAVIT G1)  
T1010  
G99G97S1000M3  
G0X36Z5M8  
G76P020000Q100R0.05  
G76X29.9Z-15.5P1479Q100F2.309  
G28U0W0M9

N80  
G28U0W0(FINIS OSAZENI)  
T606  
G99G96S200M3  
G0X33.9Z0M18  
G0G41Z-2.5  
G1Z0,A315R0.4F0.08  
G1X20  
G0G40Z1  
G0G42X26.9  
G1X32.9,A135R1F0.08  
Z-11.5 F0.12  
X29,A215R1.2F0.08  
Z-16R1.2  
X58.4



## **Příloha 7, 3/5**

G3X59,8Z-16,7R0.7

G1Z-27F0,12

X60.2,A120

G0G40X61

G28U0W0M9

N95

M5

M20

G4X5

M21

N100

G28U0W0(UPICHNUT)

T808

M5

G99

G0Z-24

M310

M315

G96S70M43

G0X62

M320

G1X50F0.1M8

G0X62

G0Z-22

G1X50F 0.1

G0X62

G0Z-23

G1X51F1

G75X10P2000F0.1

G0X62M9

M330

G28U0

M340

G28W0

M350

M51

M30

## Příloha 7, 4/5

%

O2103(PRIRUBA 4-5635A)

(2.STRANA)

(PROGRAM0VAL WIENER 21.2.2009)

(PROGRAM S KOREKCEMI)

( ----- )

(T202..SCLCR 2525 K12)

(T303..S12M-SCLCR 09)

(T404..SDJCR 2525 K11/DCMT 11T302)

(T1264.PREDANI KUSU)

( ----- )

G28U0W0

G10P0Z31.83

G50S2500

M96

G40

M18

/M300(SYNCHRONIZACE)

N20

G28U0W0(HRUB OSAZENI)

T202

G99G96S180M3

G0G40X61Z1M8

G72W0.4R1

G72P11Q12U0.4W0.1F0.2

N11G0G41Z-4.2

G1X59.8

G2X58.4Z-3.5R0.7

G1X53.95

G4U0.2

Z-1,75

Z-1.5,A315

X25

G4U0.2

Z-0.25

Z0,A315

X19

N12G0G40Z1

G28U0W0M9

N30

G28U0W0

T606

G99G97S2600M3

G0G40X61Z1M8

G70P11Q12F0.1

G28U0W0M9

N50

G28U0W0(DIRA)

T303

G99G97S1200M3

G0X20.5Z1M8

G71U0.4R0.5

G71P51Q52U-0.2W0.1F0.12

N51G0G41X25.4

G1X22.25,A225

G4U0.02

## **Příloha 7, 5/5**

G1Z-7.5

X21,A225R0.4

Z-22

N52G0G40X20.5

G28U0W0M9

N60

G28U0W0(FINIS DIRY)

T505

G99G97S1000M3

G0X20.5Z1M8

G70P51Q52F0.1

G28U0W0M9

N100

G28U0W0S0

M5

G98T1264(PREDANI KUSU)

M0

M10

M0(OFOUKANI CELISTI)

M310

M95

M315

G0W-550

G1W-49F 2000

G4X1

M11

M8

M320

M330

M9

G28W0

M96

M340

M350

M30

%

## Příloha 8, 1/4

%  
O1145(VIKO P71045B)  
(MATERIAL HLINIK D=35)  
(PROGRAMOVAL WIENER 22.2.2009)  
(PROGRAM PRACUJE S KOREKCEMI)  
( ----- )  
(T101.. E10M SDUCR 07)  
(T202.. SCLCR 2020 K12/CCMT)  
(T303.. S10L SCLCR 06)  
(T404.. SDJCR 2020 K11)  
( ----- )  
G28U0W0

G10P0Z235  
G50S3000  
G40  
M1

N5  
G30U0W0(PODAVAC)  
T1212(DORAZ)  
G98  
G0X0Z1  
M10  
M46  
M0  
/2M98P8888  
M1 1  
G4X1

N20  
G30U0W0(HRUB)  
T202  
G99G97S3000M3  
G0G41X36Z0.15M8  
G1X-0.8F0.4  
G0G40X36Z0.2  
G71U3R1  
G71P11Q12U0.4W0.1F0.4  
N11G0G42X18.5  
G1X21.95,A135  
Z-15.1  
G4U0.02  
X31.75  
X33.45,R0.85  
N12G40Z-44  
G30U0W0M9

N30  
G30U0W0(VRTANI)  
T1111  
G99G97S3000M3  
G0X0Z2M8  
G83Z-43.5Q15000FO.25  
G80  
G30U0W0M9

N40  
G30U0W0  
T0707

## **Příloha 8, 2/4**

G98M19  
G28H0  
G97S3000M73  
G0X35Z-24.05C0M8  
M37  
G1X3.3F180  
G0X35M9  
M38  
M75  
M18  
G30U0W0M9

N50  
G30U0W0  
T0909  
G98M19  
G28H0  
G97S280M73  
G0X35Z-24.05C0M8  
M37  
G188X13.7F0.907T1  
M38  
M75  
M18  
G30U0W0M9

N60  
G30U0W0(FINIS POVRCHU)  
T404  
G99G97S3000M3  
G0G41X26Z0.02M8  
G1X10F0.1  
G0G40X36Z1  
G70P11Q12F0.07  
G30U0W0M9

N70  
G30U0W0G97S1400(VNEJSI NOZOVY ZAVIT M22X1.5)  
T606(SER 2020 K16/10ER 1.5 ISO)  
G99G97S1400M3  
G0X24Z5M8  
G76P010060Q180R0.05  
G76X20.1Z-14P974Q15OF1.5  
G30U0W0M9

N80  
G30U0W0(FINIS - PRES ZAVIT)  
T404  
G99G97S3000M3  
G0X24Z1M8  
G0Z-1.5  
G1X22F0.07  
G1Z0,A315F0.07  
X12  
G0Z1  
G0X21.95  
G1Z-15.1F0.07  
G1X22.5Z-14.9  
G0X40Z1  
G30U0W0M9

## Příloha 8, 3/4

N90  
G30U0W0(HRUB DIRY 12-13.5)  
T303  
G99G97S3000M3  
G0X12Z1M8  
G71U1.5R0.1  
G71P61Q62U-0.3W0.1F0.4  
N61G0G41X13.9  
G1Z-18.57  
X12.6  
X12.4,A225  
Z-20  
N62G40X12  
G70P61Q62F0.1  
G30U0W0M9

N100  
G30U0W0(VNITRNI ZAPICH 4.15-PLATKEM 2)  
T505  
G99G96S100M3  
G0X13.5Z1M8  
G1Z-5.4F1(HRUB)  
G1X16F0.05  
G1X13.5F0.5  
G1Z-3.6  
G1X18F0.05  
G0X15.5  
G1Z-5.4F0.5  
G1X18F0.05  
G1X13.5F0.5  
G1Z-2.75  
G1 Z-3.425,A135S40F0.04(FINIS VPRAVO)  
G1X18.025  
G0X13.5  
G0Z-5.9  
G1Z-5.5,A45(FINIS VLEVO)  
G1X18.035S30F0.04  
G1Z-3.425  
G1X13.5F0.1  
G0Z1  
G30U0W0M9

N110  
G30U0W0(FINIS DIRY)  
T101  
G99G97S3000M3  
G0X12.4Z1M8  
G71U3R0.2  
G71P91Q92U-0.2W0.05F0.3  
N91G0G41X15.94  
G1Z0  
X15.7Z-0.1R0.2

G1X14.55Z-1R0.05  
Z-4.3  
X15.92Z-5.5  
X15.54Z-5.65R0.2  
X14.009,A195R2

## **Příloha 8, 4/4**

Z-18.6

G4U0.02

G1X13

G4U0.02

G1X12.5,A225

G4U0.02

G1Z-20

N92G40X12.4

G70P91Q92 F0.02

G30U0W0M9

N120G30U0W0(UPICHNUTI)

T808

G99G97S1700M3

G0X36Z0M8

Z-41

G1X13.5F0.15

M68

M9

G1X0

G0X36

M69

G30U0W0

M30

%